

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2005/2006

April/Mei 2006

**EKC 471 – Kejuruteraan Biokimia**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

**Arahan:** Jawab **EMPAT** (4) soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari Bahagian A. Jawab mana-mana **DUA** (2) soalan dari Bahagian B.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya SATU soalan dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

Bahagian A : Jawab SEMUA soalan.

Section A : Answer ALL questions.

1. [a] Lakarkan lengkung pertumbuhan bakteria yang dijalankan secara penapaian kelompok dan nyatakan empat fasa utama daripada lengkung tersebut.

[5 markah]

- [b] Suatu bioreaktor pengaduk berterusan (CSTR) yang dijalankan secara suapan steril dengan menganggap bahawa kinetik pertumbuhan Monod dipatuhi. Tunjukkan bahawa kepekatan substrat,  $[S]_{sf}$  pada keadaan mantap diberi oleh:

$$[S]_{sf} = \frac{DK_s}{\mu_{maks} - D}$$

di mana :

$D$  = kadar pencairan

$\mu_{maks}$  = kadar pertumbuhan maksimum dalam persamaan Monod

$K_s$  = pemalar Monod

Nyatakan setiap anggapan yang digunakan.

[5 markah]

- [c] Suatu "chemostat" yang beroperasi pada kadar pencairan,  $D$ ,  $0.7 \text{ jam}^{-1}$  dengan suapan steril mengandungi  $15 \text{ g/L}$  substrat terhad dan parameter pertumbuhan untuk sistem di atas adalah seperti berikut;

Pemalar Monod,  $K_s = 1.1 \text{ g/L}$

Kadar pertumbuhan spesifik maximum,  $\mu_{maks} = 0.8 \text{ jam}^{-1}$

Faktor hasil (yield factor),  $Y_{X/S} = 0.3 \text{ g}_{sel}/\text{g}_{substrat}$

- [i] Kirakan kepekatan-kepekatan sel dan nutrien pada keadaan mantap.

- [ii] Kirakan kadar pencairan maksimum.

[10 markah]

1. [a] Sketch a general growth curve for a bacterial cell grown under a batch fermentation and describe the four main phases based on the curve.

[5 marks]

...3/-

- [b] A single continuous-stirred-tank bioreactor (chemostat), operating with a sterile feed, assuming that Monod growth kinetics apply, show that the substrate concentration,  $[S]_{sf}$  at a steady-state is given by:

$$[S]_{sf} = \frac{DK_s}{\mu_{max} - D}$$

where :

$D$  = dilution rate

$\mu_{max}$  = maximum growth rate in the Monod expression

$K_s$  = Monod (saturation) constant

State all assumptions made.

[5 marks]

- [c] A chemostat is operating at a dilution rate  $D$  of  $0.7 \text{ h}^{-1}$  with a sterile feed containing  $15 \text{ g/L}$  of limiting substrate, the growth parameters for this system are as follows;

Monod constant,  $K_s = 1.1 \text{ g/L}$

Maximum specific growth rate,  $\mu_{max} = 0.8 \text{ h}^{-1}$

Yield factor,  $Y_{X/S} = 0.3 \text{ g}_{\text{cells}}/\text{g}_{\text{substrate}}$

- [i] Calculate the steady-state cell and nutrient concentrations.

- [ii] Calculate the maximum possible dilution rate

[10 marks]

2. [a] [i] Terangkan prinsip asas bagi bioreaktor angkat udara dan fungsi bagi tiub alir bebas tersebut.
- [ii] Senaraikan keburukan bioreaktor angkat udara berbanding bioreaktor tangki teraduk.

[8 markah]

- [b] Bagi penghapusan spora *B. stearothermophilus* dengan menggunakan kedua-dua proses “basah” dan “kering”, nilai-nilai berikut digunakan di dalam persamaan Arrhenius.

$A = 4.93 \times 10^{37}$  (kedua-duanya “basah” dan “kering”)

$E_d = 24 \text{ kkal/mol}$  (proses oksidasi “kering”)

$E_w = 67.5 \text{ kkal/mol}$  (proses “basah”)

Kirakan nilai kadar tindakbalas spesifik bagi kedua-dua proses pada  $105^\circ\text{C}$ .

[4 markah]

...4/-



- [c] Glukosa ditukarkan ke etanol oleh sel *S. cereviae* sekat gerak yang terperangkap di dalam manik-manik kalsium-alginate di dalam turus terpadat. Kadar penghasilan etanol spesifik ialah  $q = 0.2 \text{ g}_{\text{etanol}}/\text{g}_{\text{sel}} \cdot \text{jam}$ , dan purata berat kering kepekatan sel di dalam lapisan ialah  $X = 25 \text{ g/L}$  lapisan. Andaikan tumbesaran boleh diabaikan (iaitu, hampir kesemua glukosa ditukarkan ke etanol), dan saiz manik adalah kecil daripada  $\eta = 1$ . Kadar suapan ialah  $F = 400 \text{ L/jam}$ , dan kepekatan glukosa di dalam suapan ialah  $S_{0i} = 100 \text{ g glukosa/L}$ . Garis pusat turus ialah  $1 \text{ m}$ , dan pekali hasil produk ialah  $Y_{P/S} = 0.49 \text{ g}_{\text{etanol}}/\text{g}_{\text{glukosa}}$ .

[i] Tentukan tinggi turus bagi 98% penukaran glukosa di alur keluar turus.

[ii] Tentukan kepekatan etanol di dalam efluen.

[8 markah]

2. [a] [i] Describe the basic principles of an air lift bioreactor, and the functions of the draft tubes.

[ii] List the disadvantages of an air lift bioreactor over stirred tank bioreactor.

[8 marks]

- [b] For the destruction of *B. stearothermophilus* spores using both "wet" and "dry" processes, the following values apply in the Arrhenius equation

$$A = 4.93 \times 10^{37} \text{ (both "wet" and "dry")}$$

$$E_d = 24 \text{ kcal/mol ("dry" oxidation process)}$$

$$E_w = 67.5 \text{ kcal/mol ("wet" process)}$$

Calculate the values of the specific reaction rate for both processes at  $105^\circ\text{C}$ .

[4 marks]

- [c] Glucose is converted to ethanol by immobilized *S. cereviae* cells entrapped in Ca-alginate beads in a packed column. The specific rate of ethanol production is  $q = 0.2 \text{ g ethanol/g cell} \cdot \text{h}$ , and the average dry weight of cell concentration in the bed is  $X = 25 \text{ g/L bed}$ . Assume that growth is negligible (that is, almost all glucose is converted to ethanol), and the bead size is sufficiently small than  $\eta = 1$ . The feed flow rate is  $F = 400 \text{ L/h}$ , and glucose concentration in the feed is  $S_{0i} = 100 \text{ g glucose/L}$ . The diameter of the column is  $1 \text{ m}$ , and the product yield coefficient is  $Y_{P/S} = 0.49 \text{ g ethanol/g glucose}$ .

[i] Determine the column height for 98% glucose conversion at the exit of the column.

[ii] Determine the ethanol concentration in the effluent.

[8 marks]

...5/-

Bahagian B : Jawab mana-mana DUA soalan.

Section B : Answer any TWO questions.

3. Bioreaktor lapisan terbendalir berterusan akan digunakan untuk membersihkan air sisa yang mengandungi 10 mg/L fenol. Reaktor tersebut mengandungi isipadu bendalir sebanyak 50 m<sup>3</sup>. Kadar aliran air sisa yang akan dibersihkan ialah 85 m<sup>3</sup>/jam. Ujian makmal menunjukkan bahawa kadar pencairan optimum yang diperlukan adalah 2.5 jam<sup>-1</sup> dan pada kadar pencairan ini kepekatan fenol pada sisa kumbahan boleh diabaikan. Anggaran 25 kg oksigen diperlukan untuk mengoksidakan 1 kg fenol kepada gas karbon dioksida dengan 25g/L kepekatan biomas di dalam bioreaktor.

[a] Kirakan kadar yang diperlukan untuk mengoksidakan fenol.

[5 markah]

[b] Kirakan kadar di mana sel memerlukan oksigen untuk mencapai kadar pengoksidaan fenol di atas.

[5 markah]

[c] Kirakan kadar pemindahan oksigen yang diperlukan untuk memadankan dengan kadar oksigen berguna (OUR).

[5 markah]

[d] Terbitkan kadar penggunaan oksigen dalam unit mg O<sub>2</sub>/L untuk cecair di dalam bioreaktor dan kirakan pekali pemindahan jisim, k<sub>L</sub>a minimum yang diperlu untuk menyenggara kadar degrasi fenol.

[15 markah]

3. *A continuous fluidised bed bioreactor is to be set to degrade a wastewater containing 10 mg/L phenol. The reactor has a liquid volume of 50 m<sup>3</sup>. The flowrate of the waste water to be treated is 85 m<sup>3</sup>/h. Laboratory tests have shown that the optimal dilution rate which should be used is 2.5 h<sup>-1</sup> and at this dilution rate, the concentration of phenol in the effluent will be negligible. Approximately 25 kg oxygen is required to oxidised 1 kg of phenol to produce carbon dioxide with 25g/L biomass concentration in the bioreactor.*

[a] *Calculate the required rate at which the phenol will be oxidised.*

[5 marks]

[b] *Calculate the rate at which cells will need to take up oxygen to achieve the rate of phenol oxidation calculated above.*

[5 marks]

[c] *Calculate the oxygen transfer rate which is required to match the oxygen uptake rate (OUR).*

[5 marks]

[d] *Express the required oxygen transfer rate in terms mg O<sub>2</sub>/L of liquid in the bioreactor and calculate the minimum k<sub>L</sub>a required to maintain the rate of phenol degradation.*

[15 marks]

...6/-



4. [a] Tuliskan nota ringkas bagi keterangan berikut:-

- [i] Penapisan adalah suatu kaedah untuk pensterilan udara yang diperlukan di dalam proses penapaian aerobik.
- [ii] Kebaikan reaktor sel sekat gerak berbanding reaktor "chemostat".

[10 markah]

[b] Di logi farmaseutikal, penisilin dihasilkan di dalam  $40 \text{ m}^3$  bioreaktor dengan kadar pengudaraan 1 vvm. Purata kotoran di dalam udara yang masuk dianggarkan  $3000/\text{m}^3$ . Tempoh operasi bioreaktor per kelompok ialah 200 jam. Dengan mengambil kira peluang penembusan 1 dalam 1 juta, tentukan kedalaman penurasan yang diperlukan. Di bawah keadaan operasi ini,  $L_{90}$  bagi penurasan dianggarkan 0.1 m.

[8 markah]

[c] Substrat ditukarkan ke produk dengan menggunakan enzim sebagai pemangkin, dengan mematuhi kinetik Michaelis-Menten. Nilai-nilai bagi parameter kinetik ialah  $K_m = 1.0 \text{ mol/L}$  dan  $V_{\text{maks}} = 15 \text{ mol/L}$ .

- [i] Tentukan saiz bioreaktor pengaduk berterusan (CSTR) yang sesuai berkeadaan mantap yang boleh memberikan 95% penukaran. Kepekatan suapan ialah  $C_{so} = 10 \text{ mol/L}$  dan kadar suapan ialah 10 L/jam.
- [ii] Apakah saiz reaktor aliran palam yang sesuai untuk mendapat penukaran yang sama?
- [iii] Reaktor yang manakah memerlukan isipadu yang tinggi? Kenapa?

[12 markah]

4. [a] Write short notes on the following:-

- [i] Filtration as a method for the sterilization of air required in aerobic fermentation process.
- [ii] Advantages of immobilized cell reactors over chemostat reactors.

[10 marks]

[b] In a pharmaceutical plant, penicillin is produced in a  $40 \text{ m}^3$  bioreactor with an aeration rate of 1 vvm. Average contaminant in the incoming air was estimated to be  $3000/\text{m}^3$ . The operating period of the bioreactor per batch is 200 h. Considering the chances of penetration of 1 in 1 million, determine the depth of the filter required. Under this operating condition, the  $L_{90}$  of the filter was estimated to be 0.1 m.

[8 marks]

...7/-

[c] A substrate is converted to product using an enzyme as a catalyst, which follows Michaelis-Menten kinetics. The values of the kinetic parameters are  $K_m = 1.0 \text{ mol/L}$  and  $V_{max} = 15 \text{ mol/L}$ .

[i] Determine the size of the steady-state ideal CSTR that will give 95% conversion. The feed concentration is  $C_{so} = 10 \text{ mol/L}$  and the feed flow rate is  $10 \text{ L/h}$ .

[ii] What should be the size of an ideal plug flow reactor to get the same conversion?

[iii] Which ideal reactor requires higher volume? Why.

[12 marks]

5. [a] Untuk pembiakan mikro-organisma unisel, simulasi bentuk pembiakan secara persamaan Monod adalah seperti di bawah;

$$\mu = \frac{\mu_{maks} [S]}{K_s + [S]}$$

di mana:

$\mu$  = kadar pertumbuhan spesifik

$\mu_{maks}$  = kadar pertumbuhan spesifik maksimum pada kepekatan substrat/nutrien tinggi

$K_s$  = pemalar Monod

$[S]$  = kepekatan substrat

Untuk proses pertumbuhan mikro-organisma secara kelompok, tunjukkan bagaimana untuk menganggar masa yang diperlu bagi mendapatkan populasi sel yang maksimum.

[10 markah]

[b] Untuk proses kelompok, kepekatan sel pada permulaan pertumbuhan eksponen ialah  $0.08 \text{ g/L}$  dan kepekatan substrat ialah  $36.0 \text{ g/L}$ . Anggarkan masa yang perlu untuk mencapai populasi sel maksimum pada  $\mu_{maks} = 0.55 \text{ jam}^{-1}$ ,  $K_s = 1.2 \text{ g/L}$  dan kadar pemalar substrat spesifik,  $k = 1.4 \text{ g}_{substrat}/\text{g}_{sel} \cdot \text{jam}$

[10 markah]

[c] Bandingkan kebaikan dan keburukan di antara proses penapaian secara kelompok dan berterusan.

[10 markah]

...8/-

5. [a] For the growth of a unicellular microorganism, the growth pattern simulated using the Monod expression is given as;

$$\mu = \frac{\mu_{\max} [S]}{K_s + [S]}$$

where:

$\mu$  = specific growth rate

$\mu_{\max}$  = maximum specific growth rate at high nutrient/substrate concentration

$K_s$  = Monod (saturation) constant

$[S]$  = essential nutrient/substrate concentration

For a batch process growing a microorganism, show how you would estimate the time required to reach the maximum population of cell.

[10 marks]

- [b] In a batch process, the cell concentration at the start of an exponential growth is 0.08 g/L and the essential substrate concentration is 36.0 g/L. Estimate the time to reach the maximum cell population when  $\mu_{\max} = 0.55 \text{ h}^{-1}$ ,  $K_s = 1.2 \text{ g/L}$  and the specific substrate rate constant  $k = 1.4 \text{ g}_{\text{substrate}}/\text{g}_{\text{cells}} \cdot \text{h}$

[10 marks]

- [c] Compare the advantages and the disadvantages between batch and continuous cultivations.

[10 marks]